

## Balanco hídrico e coeficiente de cultura da laranja 'Folha Murcha' no Noroeste Fluminense<sup>1</sup>

Water balance and crop coefficient for the 'Folha Murcha' orange in the northwest region of Rio de Janeiro

Jean Gomes de Moraes<sup>2\*</sup>, Cláudio Roberto Marciano<sup>3</sup>, Clinimar Oliveira Amaral<sup>4</sup>, Elias Fernandes de Sousa<sup>5</sup> e Cláudia Sales Marinho<sup>5</sup>

**RESUMO** - A citricultura brasileira vem sendo explorada em uma diversidade de solos e climas em várias regiões do país, estando seu principal eixo de desenvolvimento localizado no Sudeste. Na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, as condições de clima e solo são favoráveis ao cultivo da laranja, exceto pelo volume e distribuição da precipitação pluvial durante o ano, ocorrendo períodos de déficit de água no solo. O presente trabalho teve como objetivo obter os componentes e realizar o balanço hídrico de um Argissolo Vermelho-Amarelo do Noroeste Fluminense cultivado com laranja 'Folha Murcha', verificando, em onze períodos ao longo de 197 dias, diferenças decorrentes do local de monitoramento do solo e determinando, ainda, o coeficiente de cultura (Kc) e o nível de atendimento da demanda hídrica da cultura (fator Ks). O trabalho foi realizado no Instituto Federal Fluminense em Bom Jesus do Itabapoana-RJ, no período de 13/08/2012 e 26/02/2013. Três plantas foram monitoradas quanto aos componentes do balanço hídrico (precipitação pluvial, escoamento superficial, armazenagem, drenagem profunda e ascensão capilar). Os resultados permitiram verificar que o consumo médio de água pela planta durante todo o período foi de 2,29 mm dia<sup>-1</sup>, sendo que a maior demanda hídrica ocorreu nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Obteve-se um valor médio de Kc de 0,88 e verificou-se que a disponibilidade de água no solo não atendeu de forma completa a demanda hídrica da planta, variando este atendimento de pleno (Ks = 1,0) até apenas 36% (Ks = 0,36), indicando que na Região Noroeste Fluminense o desempenho da cultura pode ser incrementado pela irrigação. Em relação ao monitoramento do solo, pôde-se concluir que, conforme a posição em que o mesmo é realizado, os resultados do balanço hídrico da laranja 'Folha Murcha' podem divergir.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis* L. Osbeck. Armazenagem de água no solo. Laranja-Evapotranspiração.

**ABSTRACT** - Brazilian citriculture is carried out in a variety of soils and climates in various regions of the country, with principle development being centred in the Southeast. In the northwestern region of the State of Rio de Janeiro, the conditions of climate and soil are favourable to the cultivation of the orange, with the exception of the volume and distribution of rainfall during the year, which lead to periods of soil water deficit. This study aimed to obtain the components, and carry out the water balance, of a Red-Yellow Argisol in the north-western region of Rio de Janeiro cultivated with the 'Folha Murcha' orange, verifying, for eleven periods over 197 days, the differences arising from the various sites used for monitoring the soil. The crop coefficient (Kc) and the level of response to the water demand of the crop (Ks factor) were also determined. The work was carried out at the Fluminense Federal Institute in Bom Jesus do Itabapoana in the state of Rio de Janeiro, from 13/08/2012 to 26/02/2013. Three plants were monitored for the components of water balance (rainfall, surface runoff, storage, deep drainage and capillary rise). The results showed that the average water consumption of the plants for the whole period was 2.29 mm day<sup>-1</sup>, with the greatest demand for water occurring in December, January and February. An average value for Kc of 0.88 was obtained, and it was found that the availability of water in the soil did not fully meet the demands of the plants, ranging from 100% (Ks = 1.0) to only 36% (Ks = 0.36), indicating that in this region, crop performance can be increased by irrigation. As to monitoring the soil, it was concluded that results for the water balance of the 'Folha Murcha' orange can differ depending on the site used for monitoring.

**Key words:** *Citrus sinensis* L. Osbeck. Soil water storage. Evapotranspiration.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 07/05/2014; aprovado em 04/12/2014

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal/UENF; Projeto financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/FAPERJ - Proc. N° E-26/ 111.680/2012.

<sup>2</sup>Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER, Mimoso do Sul-ES, Brasil, jean\_uenf@hotmail.com

<sup>3</sup>Laboratório de Solos - UENF/CCTA, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, marciano@uenf.br

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - UENF/CCTA; Técnico Agrícola - Instituto Federal Fluminense, Campus Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil, camaral@iff.edu.br

<sup>5</sup>Laboratório de Engenharia Agrícola - UENF/CCTA, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, efs@uenf.br; marinho@uenf.br

## INTRODUÇÃO

A laranjeira ‘Folha Murcha’ tem sido uma boa opção para os citricultores brasileiros por apresentar boa produtividade, maturação tardia dos frutos e durabilidade pré-colheita (CANTUARIAS-AVILÉS *et al.*, 2011; STUCHI; DONADIO, 2000). Em trabalho desenvolvido no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, Amaral (2013) realizou a colheita de setembro a dezembro, corroborando a informação de Stuchi (1999) de que, para este Estado, a maturação inicia-se em setembro, atinge a faixa ideal em outubro, mas os frutos conservam boas características até dezembro. No Estado do Rio de Janeiro, as condições de clima e solo na Região Noroeste são favoráveis à cultura, com exceção do volume e distribuição das chuvas durante o ano, que tendem a se concentrar nos meses de outubro a março, ocorrendo períodos de seca nos meses de abril a setembro.

Segundo Cruz (2003), a exploração de citros é, em sua grande maioria, realizada em condições de sequeiro, sendo a deficiência hídrica um dos fatores mais limitantes à produção. O déficit hídrico é produzido quando a absorção de água pelas raízes é insuficiente para atender, de forma completa, a demanda transpiratória da planta. A ocorrência de deficiência hídrica durante a floração e início da frutificação pode provocar queda de flores e frutos reduzindo a produtividade das plantas cítricas (BERTONHA *et al.*, 2004).

A presença de folhas enroladas na laranjeira ‘Folha Murcha’ parece não estar associada a eventuais condições de restrição hídrica no solo. Pace (1984) verificou que as células da epiderme da superfície abaxial da folha apresentam crescimento tardio e contínuo, enquanto as da epiderme adaxial cessam sua expansão, explicando seu enrolamento. Como esse enrolamento implica menor exposição da área transpiratória da planta, estudos relativos à demanda hídrica dessa laranjeira são necessários.

O balanço hídrico do solo é considerado um método direto para estudar a dinâmica de absorção da água pelas culturas agrícolas. Para sua realização calculam-se, sistematicamente, até a profundidade explorada pelas raízes, todos os fluxos positivos (entrada de água no solo: precipitação, irrigação, ascensão capilar, escoamento superficial e subsuperficial) e negativos (saída de água do solo: evapotranspiração, drenagem profunda, escoamento superficial e subsuperficial), componentes cuja soma algébrica resulta na variação de armazenagem de água no solo (CRUZ, 2003).

Os conhecimentos de como as plantas utilizam a água no solo (CINTRA; LIBARDI; SAAD, 2000) e de como este consumo é afetado pela variabilidade espacial e temporal da armazenagem de água (MORETI *et al.*, 2007;

ROCHA *et al.*, 2005) podem subsidiar o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo das culturas visando o melhor uso possível das reservas de água no solo. Estas estratégias podem envolver apenas práticas de manejo culturais ou do solo (FIDALSKI *et al.*, 2010), mas também a suplementação hídrica por meio da irrigação (PALARETTI; MANTOVANI; SEDIYAMA, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2010).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho realizar o balanço hídrico de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com laranjeira ‘Folha Murcha’, em dois distintos locais de monitoramento, ambos sob a projeção da copa, tendo-se como hipótese que diferenças em aspectos edáficos e ambientais nessas posições podem levar a resultados divergentes quanto aos componentes do balanço hídrico. Objetivou-se ainda determinar, para o Noroeste Fluminense: (i) o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), a partir da relação entre a evapotranspiração potencial ( $ET_p$ , estimada por meio do solo) e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , estimada pelo método climatológico de Hargreaves-Samani); e (ii) o nível de atendimento da demanda hídrica da cultura (fator  $K_s$ ) ao longo do tempo, pela relação entre a evapotranspiração real da cultura ( $ET_c$ ) e a  $ET_p$ .

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Setor de Fruticultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF), em Bom Jesus do Itabapoana – RJ, com coordenadas geográficas 21°08’ S e 41°40’ O e altitude de 88 m. O solo, segundo critérios constantes em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013), é um Argissolo Vermelho-Amarelo, com textura argilosa no horizonte A e muito argilosa no horizonte B. O clima do Noroeste Fluminense é, de acordo com a classificação de Köppen, Aw (com verão quente e chuvoso e inverno seco).

O pomar foi implantado no ano de 2006 em uma área cuja declividade está em torno de 20%. A laranjeira ‘Folha Murcha’, cultivar deste estudo, encontra-se enxertada sobre o limoeiro cravo, em espaçamento de 5 m x 5 m, apresentando no período experimental bom estado nutricional e fitossanitário.

Entre 13/08/12 e 26/02/13 foi realizado o monitoramento dos componentes do balanço hídrico do solo em três plantas do experimento conduzido por Amaral (2013), sendo estas as plantas centrais das parcelas não irrigadas dos blocos 1 a 3. Nesse período, as plantas passaram pelas fases de maturação dos frutos (agosto-setembro) e colheita (setembro-dezembro) da safra 2012,

e de floração (agosto-setembro) e desenvolvimento inicial de frutos (setembro-fevereiro) da safra 2013.

A precipitação pluvial ( $P$ , mm) foi obtida por meio de uma estação meteorológica digital instalada próxima à área experimental (e também a radiação solar, velocidade do vento e temperaturas máxima e mínima diária). O escoamento superficial ( $R$ , mm) foi assumido como zero para chuvas menores que 20 mm, o que se sustenta nos seguintes fatos: (i) o solo da área é mantido com cobertura vegetal e apresenta boa qualidade física; (ii) resultados de pesquisa frequentemente não detectam geração de enxurrada para chuvas dessa magnitude, tal como observaram Spohr *et al.* (2009), que trabalharam em Argissolo com 13,4% de declividade; e (iii) modelos para estimativa de índices de erosividade frequentemente desconsideram a contribuição de chuvas de pouco volume ou baixa intensidade - como se observa para os índices EI30 e  $KE > 25$  (CARVALHO *et al.*, 2010). Para chuvas maiores que 20 mm foram levados em conta a lâmina de chuva e o índice de precipitação pluvial antecedente, proposto por Shaw (1964) e utilizado, entre outros, por Spohr *et al.* (2009) (equação 1):

$$IPA = P_1 + P_2/2 + P_3/3 + P_4/4 + P_5/5 + P_6/6 \quad (1)$$

em que:  $IPA$  é o índice de precipitação pluvial antecedente (mm),  $P_1$  a  $P_6$  são as precipitações pluviais em mm, ocorridas nos seis dias anteriores ao dia considerado, respectivamente, e os divisores de 2 a 6 indicam a redução do peso de precipitações mais antecedentes. Para estas chuvas maiores que 20 mm,  $R$  foi obtido por (equação 2):

$$R = f(P - 20) \quad (2)$$

onde:  $f$  é o coeficiente de enxurrada, aplicado apenas à fração da chuva que ultrapassava a lâmina de 20 mm. O valor de  $f$  foi assumido como 0,4 (PIRES; SOUZA, 2003) para  $P$  ou  $P + IPA$  maiores que 40 mm. Para  $P + IPA$  entre 20 e 40 mm,  $f$  foi calculado por uma função senoidal, conforme a equação 3:

$$f = 0,2 - 0,2 \text{ sen } \{ [9(P + IPA) - 90] \pi / 180 \} \quad (3)$$

A armazenagem de água no solo ( $h$ , mm) até 1 m de profundidade foi monitorada em duas posições sob a copa das plantas, na região da projeção, sendo uma com maior incidência solar (face noroeste da copa) e outra com menor incidência (face leste da copa). Para isso, a cada duas ou três semanas, com um trado tipo sonda, cinco amostras de solo foram coletadas em cada posição de coleta, sendo uma amostra para cada camada de 20 cm de espessura, atingindo-se a profundidade de 1 m. No total foram 12 datas de coleta, as quais definiram onze períodos para cálculo do balanço hídrico. Assim, considerando-se que o experimento foi implantado no delineamento

experimental blocos casualizados (AMARAL, 2013), os dois fatores definidos como tratamento no presente trabalho (quais sejam, o "período de cálculo" e a "posição de coleta") foram admitidos em um esquema de parcelas subdivididas, sendo os onze períodos de monitoramento nas parcelas e as duas posições de coleta nas subparcelas.

Para cada amostra coletada a umidade gravimétrica ( $U$ ) foi obtida por pesagem antes e após secagem em estufa a 105 °C por 48 horas e a umidade volumétrica ( $\theta$ ) foi obtida por (equação 4):

$$\theta = U D_s / D_a \quad (4)$$

em que:  $D_a$  é a densidade da água e  $D_s$  é a densidade do solo obtida pelo método do anel volumétrico em uma trincheira aberta na área experimental. A armazenagem de água  $h$  foi estimada pela equação 5:

$$h = \theta_1 \Delta z_1 + \theta_2 \Delta z_2 + \dots + \theta_n \Delta z_n \quad (5)$$

em que: os índices 1 a  $n$  são as camadas do solo e  $\Delta z$  é a espessura de cada camada. Para um determinado período, a variação de armazenagem ( $\Delta h$ , mm) foi obtida pela diferença entre o valor final e inicial de  $h$ .

O balanço hídrico do solo foi realizado a partir da contabilização de todas as entradas e saídas de água, cuja soma algébrica resulta na variação de armazenagem (CRUZ, 2003). Esta equação, porém, é usualmente rearranjada para deixar a evapotranspiração da cultura ( $ETc$ , mm) como variável dependente (equação 6):

$$ETc = \Delta h - (P + q + R) \quad (6)$$

em que:  $q$  é o fluxo de água (mm) no limite inferior da camada de solo considerada no balanço hídrico (zona radicular).

O valor de  $q$  foi assumido como zero para períodos em que a precipitação foi insuficiente para que a frente de molhamento no solo atingisse e promovesse aumento da umidade na camada 0,80-1,00 m de profundidade (portanto, insuficiente para gerar percolação profunda), sendo a  $ETc$  para esses períodos calculada pela equação 6. Em algumas destas ocasiões, em que a precipitação foi suficiente para elevar a umidade até ao menos a profundidade de 0,60 m, considerou-se que a planta não estava submetida a estresse, sendo a  $ETc$  considerada igual à evapotranspiração potencial ( $ETp$ ) e podendo o coeficiente de cultura ( $Kc$ ) ser obtido por (equação 7):

$$Kc = ETp / ET_o \quad (7)$$

em que:  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência totalizada para cada período a partir dos valores diários estimados por Amaral (2013) pelo método de Hargreaves e Samani (1985), a partir dos dados climatológicos na estação meteorológica digital.

Em períodos cuja precipitação foi suficiente para elevar a umidade do solo na camada 0,80-1,00 m de profundidade e, portanto, com potencial para gerar percolação profunda, o fluxo descendente foi obtido indiretamente, rearranjando-se a equação 6 (equação 8):

$$q = \Delta h - (P + R + ETc) \quad (8)$$

Para esse cálculo considerou-se que, também nesses períodos,  $ETc = ETp$ , sendo que a  $ETp$  foi obtida rearranjando-se a equação 7 (equação 9):

$$ETp = Kc/ETo \quad (9)$$

em que: o valor de  $Kc$  foi considerado como a média dos valores obtidos pela aplicação da equação 7 nos períodos anteriormente mencionados.

O fator de atendimento da demanda hídrica da cultura ( $Ks$ ), dependente da disponibilidade de água no solo (POSSE *et al.*, 2009), foi obtido pela equação 10:

$$Ks = ETc/ETp \quad (10)$$

Para períodos sem restrição de água no solo para as plantas (em que  $ETc = ETp$ , destacados anteriormente para a estimativa dos valores de  $Kc$  e  $q$ ), o coeficiente  $Ks$  torna-se igual a 1. Por outro lado,  $Ks$  assume valores inferiores a 1 (com mínimo de zero) para períodos de pouca precipitação, com déficit de água no solo, em que  $ETc$  fica abaixo do potencial máximo da cultura ( $ETp$ ).

Por não terem repetição, os componentes do balanço hídrico  $ETo$ ,  $P$  e  $R$ , obtidos a partir dos dados climatológicos provenientes da estação meteorológica digital, não foram submetidos à análise de variância. Os demais componentes do balanço, obtidos, direta ou indiretamente, a partir do monitoramento do solo (e que, portanto, apresentavam três repetições), foram submetidos à análise de variância por meio do software Assistat (SILVA, 2014), sendo as médias dos períodos de monitoramento (fator considerado nas parcelas) e das posições de coleta (fator considerado nas subparcelas) comparadas pelo teste  $t$  a 5% de probabilidade. Para os componentes do balanço  $\Delta h$ ,  $q$ ,  $ETp$  e  $ETc$ , a análise de variância foi feita a partir dos dados diários, uma vez que os períodos de cálculo tiveram diferentes durações. Para a armazenagem de água ( $h$ ) a análise de variância foi feita admitindo-se como parcelas as datas de coleta de solo, ao invés dos períodos de cálculo do balanço hídrico. Para a drenagem profunda e para o coeficiente de cultura a análise de variância foi realizada considerando-se apenas os períodos nos quais estas variáveis puderam ser calculadas em ambas as posições de coleta, sendo quatro períodos para  $q$  (20/11 a 03/12/12; 03 a 18/12/12; 15 a 29/01/13; 29/01 a 14/02/13) e dois períodos para o  $Kc$  (05 a 20/11/12; 15 a 29/01/13). Para a variável  $Ks$  a

análise de variância foi realizada considerando-se todos os 11 períodos avaliados, inclusive aqueles em que não ocorreram restrições hídricas às plantas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

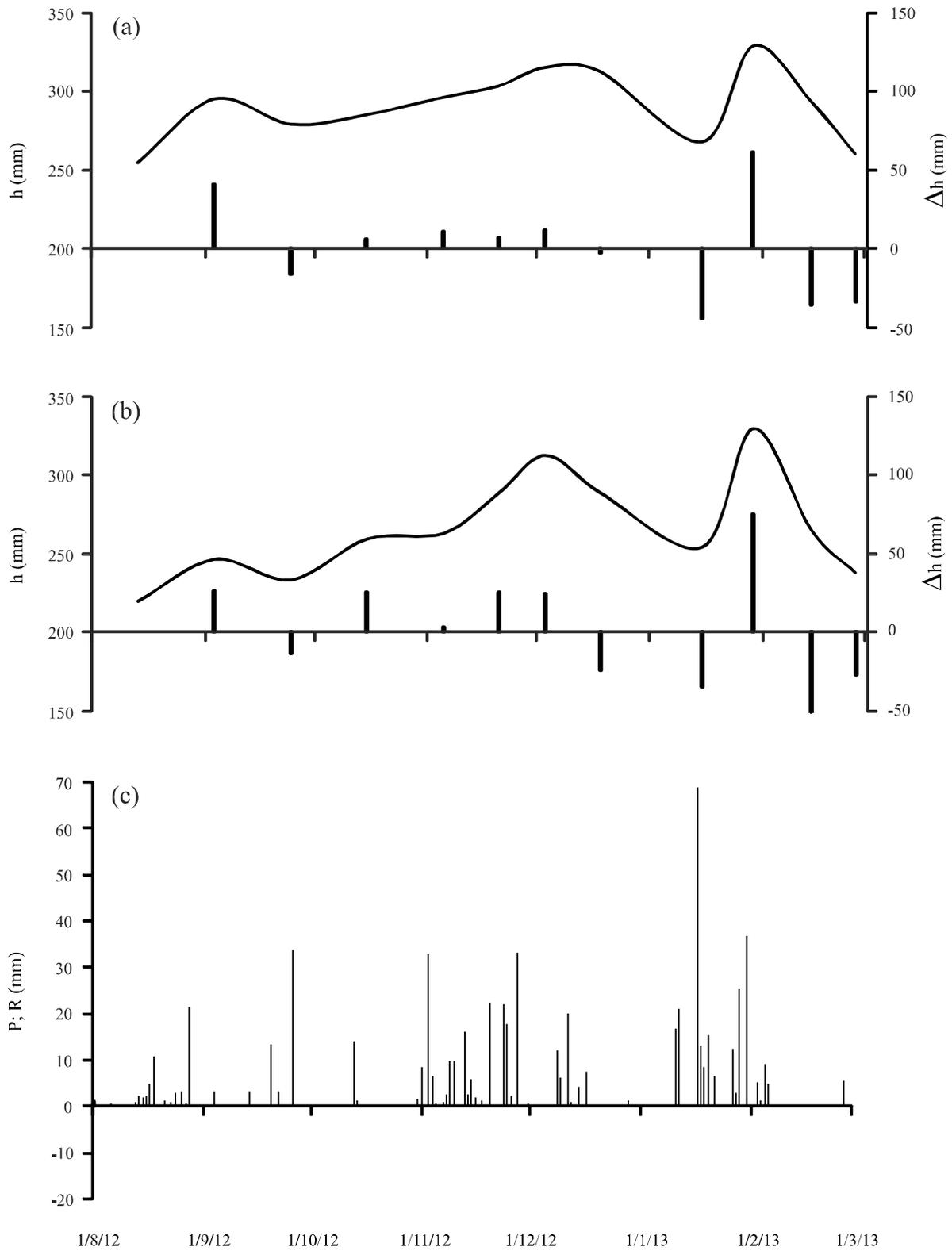
Na Tabela 1 estão apresentados os resultados do balanço hídrico do Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com a laranjeira 'Folha Murcha', em onze períodos compreendidos entre agosto de 2012 e fevereiro de 2013. Quanto à precipitação ( $P$ ), verifica-se que, em 197 dias de monitoramento, o total acumulado foi de 629,8 mm de água, dos quais parte deixou a área por escoamento superficial ( $R = -44,4$  mm) e parte infiltrou de fato no solo, convertendo-se em precipitação efetiva ( $P_e = 585,4$  mm).

Pela Figura 1(c) observa-se que as maiores frequências de precipitação e as maiores lâminas ocorrem ao longo do mês de novembro de 2012 e na segunda quinzena de janeiro de 2013. A soma dos valores diários de  $P$  (dados não apresentados) resulta em 197,2 mm para os 28 dias entre 01 e 28/11/2012 e em 228,0 mm para os 21 dias entre 11 e 31/01/2013, quando também ocorrem os valores de  $R$  mais expressivos (com soma de, respectivamente, -10,7 mm e -28,3 mm). Pela Figura 1(c) verifica-se também que as menores frequências de precipitação ocorrem entre o final de setembro e o início de novembro e da segunda quinzena de dezembro até a primeira quinzena de janeiro. Para estes dois períodos, a soma dos valores diários de  $P$  resulta em apenas 26,2 mm para os 37 dias entre 27/09 e 02/11/2012 e em 14,6 mm entre 13/12/2012 e 10/01/2013. Tendo ocorrido no verão, tais períodos caracterizam os chamados "veranicos".

Do início do monitoramento até o início de dezembro de 2012 predominaram valores de  $\Delta h$  positivos, com a crescente recomposição da armazenagem de água no solo (Figura 1a, b; Tabela 1). Avaliando a distribuição de chuvas no Norte e Noroeste Fluminense, Marques *et al.* (2002) citam que no início da estação chuvosa, que ocorre no mês de outubro, a precipitação é utilizada quase que totalmente para a gradual reposição de água no solo, observando-se nos meses subsequentes uma expansão da área com excesso hídrico e atingindo seu máximo em dezembro.

A armazenagem de água no solo na face noroeste da copa foi inferior ( $p < 0,05$ ) à verificada na face leste (Tabela 1), sendo as oscilações ao longo do tempo similares entre as duas posições de coleta (Figuras 1a e 1b). Conforme Tabela 2, os maiores valores de  $h$  (média entre as duas posições de coleta) foram verificados imediatamente após os

**Figura 1** - Componentes do balanço hídrico do Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com laranja 'Folha Murcha', em Bom Jesus do Itabapoana-RJ.: (a) armazenagem ( $h$ ; linha contínua) e variação de armazenagem ( $\Delta h$ ; barras verticais) até 1 m de profundidade (média de três plantas), para a posição leste da copa, (b) idem, para a posição noroeste da copa; e (c) precipitação pluvial ( $P$ ; barras positivas) e escoamento superficial ( $R$ ; barras negativas)



períodos chuvosos anteriormente mencionados, nas datas de coleta 03/12/2012 e 29/01/2013. Embora a interação entre período e posição de coleta não tenha sido significativa na análise de variância, nestas ocasiões que houve equiparação entre os valores de armazenagem de água no solo observados nas duas posições de coleta.

O maior ressecamento da face noroeste pode ser atribuído à maior incidência solar direta (sol nascente e poente), diferindo do que ocorre na face leste da planta, onde a incidência solar ocorre apenas em parte da manhã (sol nascente). Outra explicação poderia estar relacionada ao fato de que, anteriormente ao experimento, o pomar vinha sendo irrigado por microaspersão, sendo a aplicação

**Tabela 1** - Valores dos componentes do balanço hídrico do Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com Laranjeira 'Folha Murcha', em Bom Jesus do Itabapoana-RJ, para 11 períodos de monitoramento entre 13/08/12 e 26/02/13, nas posições leste e noroeste da copa: precipitação pluvial (*P*); escoamento superficial (*R*); armazenagem (*h*) e variação de armazenagem de água (*b*); fluxo de água (*q*); evapotranspiração de referência (*ET<sub>o</sub>*); evapotranspiração potencial (*ET<sub>p</sub>*) e evapotranspiração real da cultura (*ET<sub>c</sub>*); coeficiente de cultura (*K<sub>c</sub>*); e fator de atendimento da demanda hídrica da cultura (*K<sub>s</sub>*)

Data	nº dias	h (mm)	<i>ET<sub>o</sub></i>	<i>ET<sub>p</sub></i>	<i>P</i>	<i>R</i>	$\Delta h$	<i>q</i>	<i>ET<sub>c</sub></i>	<i>K<sub>c</sub></i>	<i>K<sub>s</sub></i>	$\Delta h$	<i>q</i>	<i>ET<sub>p</sub></i>	<i>ET<sub>c</sub></i>
Face leste da copa da planta															
13/08/12	-	254,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/09/12	21	295,1	70,4	69,3	54,6	-0,1	40,7	0,0	-13,9	-	0,20	1,9 aB	0,0	-2,3 aDE	-0,7
24/09/12	21	279,1	81,6	80,3	24,2	0,0	-16,0	0,0	-40,2	-	0,51	-0,8 aDE	0,0	-2,7 aBC	-1,9
15/10/12	21	285,1	76,5	75,3	49,8	-5,3	6,0	0,0	-38,5	-	0,51	0,3 aCD	0,0	-2,5 aCD	-1,8
05/11/12	21	296,3	87,9	86,5	49,6	-5,0	11,2	0,0	-33,5	-	0,39	0,5 aC	0,0	-2,9 aAB	-1,6
20/11/12	15	303,4	45,6	44,9	51,4	0,0	7,1	0,0	-44,3	0,97	1,00	0,5 aC	0,0	-2,1 aE	-3,0
03/12/12	13	315,3	44,4	43,7	98,4	-5,7	11,9	-37,3	-43,5	-	1,00	0,9 bBC	-2,9 aB	-2,4 aD	-3,3
18/12/12	15	312,5	59,9	58,9	51,4	0,0	-2,7	0,0	-54,1	1,01	0,92	-0,2 aCD	0,0 bA	-2,8 aB	-3,6
15/01/13	28	267,8	121,7	119,8	39,4	-0,4	-44,8	0,0	-83,8	-	0,71	-1,6 aEF	0,0	-3,0 aA	-3,0
29/01/13	14	328,9	47,1	46,4	127,8	-19,5	61,1	-5,1	-42,1	1,00	0,90	4,4 aA	-0,4 aA	-2,4 aD	-3,0
14/02/13	16	293,4	57,3	56,4	83,2	-8,4	-35,5	-54,1	-56,2	-	1,00	-2,2 aF	-3,4 bB	-2,5 aCD	-3,5
26/02/13	12	260,2	51,9	51,1	0,0	0,0	-33,2	0,0	-33,2	-	0,66	-2,8 aG	0,0	-3,0 aA	-2,8
Total*	197	291,0 a	744,3	732,5	629,8	-44,4	5,8	-96,5	-483,1	0,99 a	0,71 a	0,0	-0,5	3,7	-2,5 a
Face noroeste da copa da planta															
13/08/12	-	220,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/09/12	21	246,8	70,4	54,0	54,6	-0,1	26,6	0,0	-27,9	-	0,52	1,3 aC	0,0	-2,3 bEF	-1,3
24/09/12	21	233,8	81,6	62,6	24,2	0,0	-13,0	0,0	-37,2	-	0,59	-0,6 aDE	0,0	-2,7 bBCD	-1,8
15/10/12	21	259,7	76,5	58,6	49,8	-5,3	25,9	0,0	-18,6	-	0,32	1,2 aC	0,0	-2,5 bCDE	-0,9
05/11/12	21	263,3	87,9	67,4	49,6	-5,0	3,6	0,0	-41,1	-	0,61	0,2 aC	0,0	-2,9 bAB	-2,0
20/11/12	15	278,5	45,6	35,0	51,4	0,0	15,2	0,0	-36,2	0,79	1,00	1,0 aC	0,0	-2,1 bF	-2,4
03/12/12	13	312,7	44,4	34,0	98,4	-5,7	34,1	-24,5	-34,0	-	1,00	2,6 aB	-1,9 aB	-2,4 bEF	-2,6
18/12/12	15	288,9	59,9	45,9	51,4	0,0	-23,7	-29,2	-45,9	-	1,00	-1,6 bEF	-1,9 aB	-2,8 bABC	-3,1
15/01/13	28	256,2	121,7	93,3	39,4	-0,4	-32,7	0,0	-71,7	-	0,77	-1,2 aEF	0,0	-3,0 bA	-2,6
29/01/13	14	329,6	47,1	36,1	127,8	-19,5	73,4	0,0	-34,9	0,74	1,00	5,2 aA	0,0 aA	-2,4 bEF	-2,5
14/02/13	16	265,0	57,3	43,9	83,2	-8,4	-64,6	-95,5	-43,9	-	1,00	-4,0 bG	-6,0 aC	-2,5 bDE	-2,7
26/02/13	12	238,4	51,9	39,8	0	0,0	-26,6	0,0	-26,6	-	0,68	-2,2 aF	0,0	-3,0 bA	-2,2
Total*	197	266,1 b	744,3	570,5	629,8	-44,4	18,2	-149,2	-417,9	0,77 b	0,77 a	0,1	-0,8	2,9	-2,1 b

\* Para os componentes *ET<sub>o</sub>*, *ET<sub>p</sub>*, *ET<sub>c</sub>*, *P*, *R*,  $\Delta h$  e *q* expressos em mm período<sup>-1</sup> o valor total apresentado corresponde à soma obtida para o período completo de monitoramento; para os demais componentes (*h*, *K<sub>c</sub>* e *K<sub>s</sub>*, e ainda *ET<sub>p</sub>*, *ET<sub>c</sub>*,  $\Delta h$  e *q* expressos em mm dia<sup>-1</sup>), o valor total corresponde à média dos 11 períodos avaliados; Obs: Para as variáveis submetidas à análise estatística (*h*,  $\Delta h$ , *q*, *ET<sub>p</sub>*, *ET<sub>c</sub>*, *K<sub>c</sub>* e *K<sub>s</sub>*), médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t, sendo que as letras minúsculas comparam as posições de coleta (dentro de cada período ou para o total) e as letras maiúsculas comparam os períodos (ou datas) usadas para o cálculo do balanço hídrico (para cada posição de coleta). Para variáveis em que não houve interação entre os fatores tratamento, a comparação entre os períodos de amostragem está apresentada na Tabela 2

**Tabela 2** - Valores dos componentes do balanço hídrico do Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com Laranjeira 'Folha Murcha', em Bom Jesus do Itabapoana-RJ, para as datas/períodos de monitoramento (média entre as posições leste e noroeste da copa), que não apresentaram na análise de variância interação significativa entre período de cálculo e posição de coleta: armazenagem de água no solo (*h*); evapotranspiração real da cultura (*ETc*); coeficiente de cultura (*Kc*); e fator de atendimento da demanda hídrica da cultura (*Ks*)

Data	13/8/12	03/9/12	24/9/12	15/10/12	05/11/12	20/11/12	03/12/12	18/12/12	15/1/13	29/1/13	14/2/13	26/2/13	Média
<i>h</i> (mm)	237,3 H	271,0 DE	256,5 FG	272,4 D	279,8 D	291,0 C	314,0 B	300,7 C	262,0 EF	329,3 A	279,2 D	249,3 G	278,5
<i>ETc</i> (mm dia <sup>-1</sup> )	-	-1,0 E	-1,8 D	-1,4 DE	-1,8 D	-2,7 BC	-3,0 ABC	-3,3 A	-2,8 ABC	-2,7 ABC	-3,1 AB	-2,5 C	-2,4
<i>Kc</i>	-	-	-	-	-	0,88 A	-	-	-	0,87 A	-	-	
<i>Ks</i>	-	0,36 E	0,55 CD	0,42 DE	0,50 DE	1,01 A	1,00 A	0,96 A	0,74 B	0,94 A	1,00 A	0,67 BC	0,74

Obs: Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t

realizada justamente na posição leste da copa. Assim, a manutenção de maior umidade do solo ao longo do tempo pode ter favorecido maior desenvolvimento radicular, tendo como conseqüências maior atividade biológica, incremento na agregação do solo e melhoria geral de sua condição física (SILVA; MIELNICZUK, 1997), inclusive de sua capacidade de retenção de água; levando, conseqüentemente, a uma maior armazenagem de água no solo na face leste comparativamente à noroeste.

Os valores de *Kc* foram obtidos a partir da equação 7 para alguns períodos de precipitação elevada, porém insuficiente para elevar a umidade na camada 0,80-1,00 m de profundidade. Estes períodos foram: (i) 05 a 20/11/12, nas duas posições de coleta das três plantas; (ii) 03 a 18/12/12, apenas na face leste da planta 2; e (iii) 15 a 29/11/13, na face leste da planta 3 e na face noroeste das três plantas. Para esses períodos o valor médio do coeficiente de cultura (*Kc*) foi de 0,99 para a face leste da copa e de 0,77 para a face noroeste (Tabela 1), sendo estes valores estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os valores médios de *Kc* obtidos para o primeiro e terceiro períodos mencionados (calculados a partir dos valores individuais nas duas posições de coleta) não diferiram entre si (Tabela 2). Quanto à média geral de *Kc* para o presente estudo (calculada a partir de todos os valores individuais disponíveis) foi de 0,88.

Os valores de *Kc* deste estudo são compatíveis com os de outros trabalhos. Bertonha (1997) obteve *Kc* de 0,75 para plantas de laranja 'Pera' enxertada em limoeiro cravo com quatro anos de idade. Petillo e Castel (2007), usando metodologia semelhante à do presente trabalho, identificaram *Kc* para a laranjeira 'Valência' da ordem de 0,88 no inverno e de 0,55 no verão. Alves Júnior *et al.* (2007) obtiveram *Kc* para lima ácida 'Tahiti' variando de 0,6 e 1,22. Outros autores, como Barboza Júnior *et al.* (2008), também

obtiveram *Kc* para lima ácida 'Tahiti' por lisimetria de pesagem da ordem 0,98.

A ocorrência de percolação de água abaixo de 1 m de profundidade foi identificada em quatro períodos (de 20/11 a 03/12/2012; 03 a 18/12/2012; 15 a 29/01/2013; e de 29/01 a 14/02/2013), conforme apresentado na Tabela 1 (valores negativos de *q*, tanto diários quanto por período). Outros autores também identificaram fluxo descendente em períodos chuvosos ao longo do ciclo da cultura (CINTRA; LIBARDI; SAAD, 2000; CRUZ *et al.*, 2005; PETILLO; CASTEL, 2007). Conforme verificado na Tabela 1, os valores de *q* mais expressivos ocorreram na posição noroeste da copa (total de -149,2 mm) que na posição leste da copa (total de -96,5 mm). Este fato corrobora com o que foi cogitado anteriormente, de que o solo na posição noroeste teria menor capacidade de retenção de água, o que levaria a uma maior drenagem profunda.

Quanto ao fator de atendimento da demanda de água da cultura (*Ks*), para os quatro primeiros períodos avaliados (entre 13/08 a 05/11/2012) a restrição hídrica foi mais severa, sendo os valores de *Ks* estatisticamente inferiores aos dos períodos subsequentes (Tabela 2) com valores de 0,20; 0,51; 0,51 e 0,39 para face leste e de 0,52, 0,59, 0,32 e 0,61 para face noroeste, respectivamente (Tabela 1). Moraes, Marciano e Sousa (2011), avaliando o balanço de água em um solo cultivado com coqueiro anão verde não irrigado, em Campos dos Goytacazes-RJ, também identificaram, ao longo de um ano de monitoramento, tanto períodos sem restrição hídrica ( $Ks = 1,0$ ) quanto períodos com estresse elevado ( $Ks = 0,53$ ).

O valor médio do fator de atendimento da demanda de água da cultura (*Ks*) para os 197 dias de monitoramento ficou em 0,71 para a face leste e em 0,77 para a face noroeste, sem diferença estatística entre estes, com valor

médio para as duas posições de 0,74 (Tabela 1). A despeito da menor armazenagem de água na face noroeste da copa em relação à face leste ao longo do experimento (Figura 1a), a ausência de diferenças entre os valores de Ks (Tabela 1) indica que o atendimento da demanda hídrica da cultura foi semelhante nas duas posições de monitoramento. Como o coeficiente Ks é obtido a partir da equação 10, isso se justifica por diferença de demanda de água nas duas faces da copa. Assim, identifica-se na face leste maior demanda (Kc parcial de 0,99), podendo essa ser consequência de uma maior densidade de raízes no solo, herdada do período anterior à instalação do experimento (quando as plantas eram irrigadas por microaspersão, com o emissor localizado justamente na posição leste, sob a copa). Na face noroeste da copa, por outro lado, a menor demanda de água (Kc parcial de 0,77) e deve-se, possivelmente, por uma menor densidade de raízes no solo. Outros trabalhos com citros identificam que diferenças de densidade radicular no solo ocorrem em função de variações no ambiente físico a que as plantas estão submetidas (SOUZA *et al.*, 2008; ZACCHEO *et al.*, 2012).

A ETc da laranjeira para todo o período avaliado foi de 2,45 mm dia<sup>-1</sup>, para a face leste da copa, e de 2,12 mm dia<sup>-1</sup>, para a face noroeste, com valor médio média entre as duas posições de coleta de -2,29 mm dia<sup>-1</sup>, ou -450,5 mm para todo o período avaliado. A maior demanda hídrica ocorreu nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em consequência da maior água disponível representada pelos valores de armazenagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz *et al.* (2005) que, estudando o balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular da laranjeira 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo', em Piracicaba-SP, encontraram valores de ETc da ordem de 2,4 mm dia<sup>-1</sup>.

Considerando o Kc de 0,88, o pleno atendimento da demanda atmosférica de água demandaria a evapotranspiração (ETp) de 651,5 mm pela cultura, o que revela a ocorrência de um déficit de 201,0 mm. Isso sugere que o uso da irrigação para complementar o fornecimento de água poderia levar a um melhor desempenho da cultura da laranjeira 'Folha Murcha' no Noroeste Fluminense.

## CONCLUSÃO

Os resultados do balanço hídrico da laranjeira 'Folha Murcha' mostraram-se divergentes conforme a posição em que o monitoramento do solo é realizado, devendo este ser realizado em uma posição que represente o ambiente radicular médio da planta, ou então a partir da média obtida em mais de um ponto de monitoramento.

## REFERÊNCIAS

- ALVES JÚNIOR, J. *et al.* Determination of the crop coefficient for grafted 'Tahiti' lime trees and soil evaporation coefficient of Rhodic Kandudalf Clay soil in São Paulo, Brazil. **Irrigation Science**, v. 25, n. 4, p. 419-428, 2007.
- AMARAL, C. O. **Função de produção da laranjeira 'Folha Murcha' em relação à irrigação**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, Campos dos Goytacazes, 2013.
- BARBOZA JÚNIOR, C. R. A. *et al.* Coeficiente de cultura da lima-ácida Tahiti no outono-inverno determinado por lisimetria de pesagem em Piracicaba-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 691-698, 2008.
- BERTONHA, A. *et al.* Resposta da laranjeira pêra em níveis de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 185-191, 2004.
- BERTONHA, A. **Funções de resposta da laranja à aplicação de água e nitrogênio**. 1997. 62 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T. C. *et al.* Horticultural performance of 'Folha Murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 259-265, 2011.
- CARVALHO, D. F. *et al.* Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI30 e KE>25 em Seropédica - RJ. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 244-252, 2010.
- CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.
- CRUZ, A. C. R. **Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo**. 2003. 92 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- CRUZ, A. C. R. *et al.* Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 1-10, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- FIDALSKI, J. *et al.* Availability of soil water under tillage systems, mulch management and citrus rootstocks. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 917-924, 2010.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

- MARQUES, V. S. *et al.* **Possíveis modificações na classificação climática das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro.** Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro-SIMERJ, 2002. 15 p.
- MORAES, J. G.; MARCIANO, C. R.; SOUSA, E. F. Balanço hídrico e coeficiente de cultura do coqueiro anão verde cultivado em Cambissolo no Norte Fluminense. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. 1 CD-ROM.
- MORETI, D. *et al.* Avaliação espaço-temporal das armazenagens gravimétrica e volumétrica da água num Latossolo com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1281-1290, 2007.
- PACE, L. B. Estudo da epiderme foliar de duas cultivares de Citrus sinensis: laranja Folha Murcha e laranja Pera. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1984. p. 622-631.
- PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Caracterização e diagnóstico de sistemas de irrigação e práticas de manejo de água na citricultura do Norte do estado de São Paulo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 2, p. 531-551, 2011.
- PETILLO, M. G.; CASTEL, J. R. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 5, p. 232-243, 2007.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água.** Viçosa: UFV, 2003. 176 p.
- POSSE, R. P. *et al.* Relação entre a produtividade do mamoeiro e o déficit hídrico (ky) na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 158-164, 2009.
- ROCHA, G. C. *et al.* Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem de água em um solo cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 41-50, 2005.
- SAMPAIO, A. H. R. *et al.* Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141-1148, 2010.
- SHAW, R. H. Prediction of soil moisture under meadow. **Agronomy Journal**, v. 56, n. 3, p. 320-324, 1964.
- SILVA, F. A. S. **ASSISTAT** - Assistência Estatística - versão 7.7 beta (pt). Programa computacional. Universidade Federal de Campina Grande Campus de Campina Grande-PB – DEAG/CTRN. 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.
- SOUZA, L. S. *et al.* Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 503-513, 2008.
- SPOHR, R. B. *et al.* Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 74-81, 2009.
- STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Laranjeira 'Folha-Murcha'**. Jaboticabal: Funep, 2000. 35 p. (Boletim citrícola, 12).
- STUCHI, E. S. **Avaliação da laranjeira 'Folha Murcha' sobre dez portaenxertos em Bebedouro, SP.** 1999. 129 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.
- ZACCHEO, P. V. C. *et al.* Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos sob laranjeira 'Folha Murcha' em clima subtropical. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 921-930, 2012.